

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Геологический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан геологического факультета
МГУ имени М.В.Ломоносова
чл.-корр. РАН Еремин Н.Н.



«25» сентября 2025г.

ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ (ФОС)

для оценивания результатов обучения
по дисциплине (модулю):

Вар Теория симметрии кристаллов

Направление подготовки/ специальность:

05.03.01 Геология

Профиль программы бакалавриата:

Геохимия

Форма обучения:

Очная

Москва 2025

Фонд оценочных средств по дисциплине «**Теория симметрии кристаллов**» разработан на основе ОС по специальности/направлению подготовки 05.03.01 Геология, утвержденного приказом по МГУ от 21.12.2021 № 1404 (в действующей редакции)

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

1. Требования к результатам освоения дисциплины

№ п/п	Код компе тенции	Содержание компетенци и (или ее части)	Индикаторы достижения компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций		
				Знать	Уметь	Владеть
1	ОПК-3.Б.	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности и в соответствии с профилем подготовки	Б.ОПК-3. И-1. Использует типовые подходы и методы при решении задач профессиональной деятельности. Б.ОПК-3. И-2. Владеет базовыми навыками получения информации (полевой, камеральной, лабораторной) для решения стандартных задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки. Б.ОПК-3. И-3. Владеет базовыми навыками обработки и интерпретации информации при решении стандартных	основные положения теории групп, определение понятий симметрии, операций и элементов симметрии конечных и бесконечных построений, их обозначения и взаимодействия	выводить из литературных данных или моделей, а также графически представлять группы симметрии; определять правильные системы точек и их характеристики; знать стандартные и нестандартные установки и взаимосвязь симметрии и пространственных групп разных сингоний; давать описание кристаллических структур в терминах пространственных групп;	

			задач профессиональной деятельности в соответствии с профилем подготовки.			
2	ОПК-2.Б	Способен применять теоретические основы фундаментальных геологических дисциплин при решении задач профессиональной деятельности	Б.ОПК-2. И-1. Использует теоретические знания о закономерностях и особенностях геологических процессов для решения профессиональных задач	актуальность тематики и ее основы	применять на практике анализ симметрии	
	ОПК-6.Б.	Способен использовать в профессиональной деятельности и информационно-коммуникационные технологии, в т.ч. ГИС-технологии	Б.ОПК-6. И-1. Использует знания информационно-коммуникационных технологий для решения стандартных задач профессиональной деятельности.	конечные группы (32), одномерно-бесконечные (бордюры, 7), двумерно-бесконечные (обои, 17) группы, их вывод и графическое представление; трехмерно-бесконечные (пространственные, 230) группы симметрии для всех сингоний, источники,		

				где данные даны		
3	Б.СПК-1.	Способность к поиску, критическому анализу, обобщению и систематизации научной информации в области наук геохимического цикла (формируется частично).	Б.СПК-1. И-1. Владеет методами поиска и анализа информации в области наук геохимического цикла, в том числе – с применением современных информационно-коммуникационных технологий.			симметричным аппаратом для решения задач структурной кристаллографии в минералогии, петрологии и материаловедении; профессиональным анализом литературы по специальности в отношении симметрии.

Оценочные средства для текущего контроля и самостоятельной работы

2. Текущий контроль

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине применяется для всех типов контроля.

Формы текущего контроля: проверка домашних работ с индивидуальной оценкой (38 домашних работ), устные ответы и решение задач на семинарских занятиях, письменные промежуточные контрольные работы (3) с оценкой, проверка описаний 87-ми моделей кристаллов по разработанной форме (18 моделей в 5 семестре, 21 модель в 6 семестре, 18 моделей в 7 семестре и 30 моделей в 8 семестре) в ходе их изучения в семестре и зачетная их сдача.

- Рассмотреть взаимодействие элементов симметрии в форме записанных операций и дать обоснование результатов с выводом итоговой группы для различных сингоний
- Построить итоговую группу по заданным исходным элементам симметрии – задания для различных сингоний во многих вариантах
- Определить симметрию одномерного узора и отнести его к одной из возможных одномерных групп
- Определить симметрию плоского узора на основе симметрии фигуры и симметрии решетки (принцип Кюри) по заданным асимметричным фигуркам
- Определить симметрию плоского узора Эшера, заполняющего плоскость целиком, и отнести его к одной из возможных плоских групп
- Вывести все возможные аспекты той или иной ромбической группы симметрии (нестандартные установки): дать обоснование и обозначение

- Восстановить пространственную группу структуры, изображенной различными атомами – кружками с высотами в проекции
 - Начертить пространственную группу на основе изученной теории с различными типами решеток Бравэ, дать характеристику правильных систем точек - задания для различных сингоний во многих вариантах
- Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется при сдаче каждым студентом выполненных описаний структур и их рисунков в группах симметрии, решения задач текущих и контрольных.

План описания кристаллической структуры:

- Определить ячейку структуры и тип решетки Бравэ.
- Определить элементы симметрии и, проверяя их взаимодействие, вывести пространственную группу.
- Определить позиции атомов в структуре и охарактеризовать их правильные системы точек (симметрия позиции, величина симметрии, число степеней свободы, кратность и координаты атомов)
- Начертить пространственную группу и указать позиции атомов в основной проекции, выделив контуры элементарной ячейки и обозначив высоты (координаты z)
- Подсчитать через кратности позиций, сколько атомов различного типа приходится на ячейку Браве, определить формулу соединения, число формульных единиц.
- Определить КЧ и КП для каждого сорта атомов, указать типы химических связей между атомами.
- Там, где возможно, - использовать термины плотнейшей упаковки и дать описание структуры с указанием возможных свойств кристаллов.

Список структур:

5 семестр, ромбическая сингония: AgNO_2 , арагонит CaCO_3 , марказит FeS , PdCl_2 , PbCl_2 , HgCl_2 , K_2SO_4 , SiS_2 , SO_2 , I_2 , U , TlI , CaSO_4 , UAl_4 , NaSO_4 -тенардит, TiSi_2 , $\text{Sr}(\text{N}_3)_2$, CrO_3

6 семестр, тетрагональная сингония: рутиловая задача и структура TiO_2 , куперитовая задача и структура PtS , задача A_2BX_4 - Ag_2HgI_4 , PbO , HgI_2 , KN_3 , CuAl_3 , BaAl_4 , U_3Si_2 , TiO_2 , станнит $\text{Cu}_2\text{FeSnS}_4$ и халькопирит CuFeS_2 , шеелит CaWO_4 и CuN_3 , циркон ZrSiO_4 , анатаз TiO_2 , ThSi_2 , ThCl_4 , PdS , BPO_4 , Hg_2Cl_2 каломель, PCl_5

7 семестр, кубическая сингония: пирит FeS_2 , герсдорфита NiAsS , скутерудита CaAs_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, N_2O_4 , SnI_4 -задача и структура, сульванит CuVS_4 , уротропин $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$, тетраэдрит $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$, сфалерит ZnS , алмаз C , кристобалит SiO_2 , шпинель MgAl_2O_4 , арсенолит As_4O_6 , гранат $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$, куприт Cu_2O , β -W.

8 семестр, гексагональная сингония: Mg , NiAs , BN , Mg_3Cd , лонсдейлит C , α -графит, тридимит SiO_2 , Mg_5Si_3 , $\text{CdI}_2(\text{ABAC})$, CrSi_2 , вюрцит ZnS , $\text{CdI}_2(\text{AB})$, La_2O_3 , Se , HgS (киноварь), α - SiO_2 , β -графит, As , $\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$, NaFeO_2 , CuFeO_2 , NaN_3 , Hg , KBO_2 , Al_2O_3 -корунд, CaCO_3 -кальцит, **моноклинная сингония:** KFeS_2 , AlCl_3 , CuO -тенорит, FeAsS -арсенопирит

3. Оценочные средства по промежуточной и итоговой аттестации

Зачет, семестр 5:

1. Рассмотреть взаимодействие оси 4_2 и перпендикулярной к ней клиноплоскости n .
2. Вывести пространственные группы ромбической голоэдриии с C - и F -решетками Бравэ
3. Построить график пространственной группы $Pnnn$ и дать характеристику всех правильных систем точек
4. Одномерные группы симметрии. Их вывод
5. Построить график пространственной группы $Pbcm$ и дать характеристику всех правильных систем точек
6. Двумерные плоские группы симметрии. Их вывод

7. Вывести пространственные группы класса 222 с C - и I -решетками Бравэ
8. Построить график группы $Pban$ и дать характеристику всех правильных систем точек
9. Рассмотреть взаимодействие взаимно перпендикулярных плоскостей симметрии d_x, d_y
10. Рассмотреть взаимодействие взаимно перпендикулярных плоскостей симметрии n_y и b_x
11. Вывести пространственные группы ромбической голоэдри с C -и F -решетками Бравэ
12. Построить график пространственной группы $Pmna$ а дать характеристику всех правильных систем точек
13. Вывести пространственные группы ромбической сингонии, подчиненные классу 222 с P - и F - решетками Бравэ
14. Построить график пространственной группы $Ibca$ а дать характеристику всех правильных систем точек
15. Рассмотреть взаимодействие плоскости симметрии с перпендикулярным и косо расположенным к ней векторами
16. Вывести пространственные группы ромбической сингонии, подчиненных классу $mm2$ с A -и F -решетками Бравэ
17. Построить график пространственной группы $Ccca$ а дать характеристику всех правильных систем точек
18. Рассмотреть взаимодействие оси 3 с перпендикулярным к ней трансляционным вектором. Привести доказательство
19. Вывести пространственные группы ромбической голоэдри с I -решеткой Бравэ
20. Построить график пространственной группы $Ibam$ и дать характеристику всех правильных систем точек
21. Построить график пространственной группы $Pnna$ и дать характеристику всех правильных систем точек

Экзамен, семестр 6:

1. Рассмотреть взаимодействие взаимно перпендикулярных плоскостей симметрии d_x, d_y
2. Вывод пространственных групп тетрагональной сингонии на основе пространственных групп ромбической осевой гемиздри для всех решеток Бравэ
3. Вычертить график группы $P-42_1c$ и дать характеристику всех правильных систем точек
4. Рассмотреть результат взаимодействия симметрических операций d_y, c_d под углом 45°
5. Вывод гемиморфных пространственных групп ромбической сингонии для всех решеток Бравэ
6. Вычертить график пространственной группы $P4_2/nmc$ и дать характеристику всех правильных систем точек
7. Рассмотреть результат взаимодействия симметрических операций c_x, g , расположенных под углом 45°
8. Класный вывод пространственных групп тетрагональной сингонии, подчиненных точечным $-42m$, 4 и -4 для всех решеток Бравэ
9. Вычертить график пространственной группы $Cmma$ и дать характеристику всех правильных систем точек
10. Рассмотреть взаимодействие оси 4_1 и перпендикулярной к ней плоскости b_z
11. Класный вывод голоэдрических и гемиморфных пространственных групп тетрагональной сингонии для всех решеток Бравэ
12. Вычертить график пространственной группы $Ibam$ и дать характеристику всех правильных систем точек
13. Рассмотреть результат взаимодействия симметрических операций b_x, c , расположенных под углом 45°
14. Вывод пространственных групп тетрагональной сингонии на основе гемиморфных групп ромбической сингонии для всех решеток Бравэ
15. Вычертить график пространственной группы $Pm\bar{m}n$ и дать характеристику всех правильных систем точек.

16. Рассмотреть результат взаимодействия симметрических операций a_y, g , расположенных под углом 45°
17. Вывод пространственных групп тетрагональной сингонии на основе групп ромбической осевой гемиздриии для всех решеток Бравэ
18. Вычертить график пространственной группы $Pmna$ и дать характеристику всех правильных систем точек.
19. Рассмотреть взаимодействие оси 4_z и перпендикулярной к ней плоскости b_z
20. Вывод пространственных групп ромбической осевой гемиздриии для всех решеток Бравэ
21. Вычертить график пространственной группы $P4_2/nbc$ и дать характеристику всех правильных систем точек.

Зачет, семестр 7:

1. Принцип вывода пространственных групп кубической сингонии со всеми типами решеток Бравэ на основе голоэдрических ромбических пространственных групп.
2. Нарисовать график пространственной группы $F432$ и дать характеристику всех правильных систем точек.
3. Принцип вывода пространственных групп кубической сингонии со всеми типами решеток Бравэ на основе ромбических пространственных групп, подчиненных классу 222.
4. Нарисовать график пространственной группы $Im\bar{3}m$ и дать характеристику всех правильных систем точек
5. Принципы размножения точек общего положения на графиках пространственных групп кубической сингонии
6. Нарисовать график пространственной группы $I432$ и дать характеристику всех правильных систем точек
7. Принцип вывода голоэдрических пространственных групп кубической сингонии с P -решеткой Бравэ на основе тетрагональных групп
8. Нарисовать график пространственной группы $P-43n$ и дать характеристику всех правильных систем точек
9. Принцип вывода пространственных групп кубической сингонии, подчиненных точечной $-43m$ на основе тетрагональных пространственных групп для всех решеток Бравэ
10. Нарисовать график пространственной группы $I-43c$ и дать характеристику всех правильных систем точек
11. Принцип вывода пространственных групп кубической сингонии, подчиненных классу 432 со всеми типами решеток Бравэ на основе тетрагональных групп
12. Нарисовать график пространственной группы $Pn\bar{3}n$ и дать характеристику всех правильных систем точек
13. Принцип вывода голоэдрических пространственных групп кубической сингонии с I и F решетками Бравэ на основе тетрагональных групп.
14. Нарисовать график пространственной группы $Fm\bar{3}m$ и дать характеристику всех правильных систем точек

Экзамен, семестр 8:

1. Вывод гексагональных пространственных групп на основе групп кубической сингонии.
2. Рассмотреть связь примитивной кубической ячейки с гексагональной ячейкой
3. Вычертить график группы $Pm\bar{3}m$ и дать характеристику трех самых высокосимметричных правильных систем точек
4. Вывод пространственных групп тригональной подсингонии с P -решеткой на основе ромбоэдрических пространственных групп
5. Рассмотреть связь объемноцентрированной кубической элементарной ячейки с гексагональной ячейкой
6. Вычертить график группы $Pn\bar{3}n$ и дать характеристику четырех самых высокосимметричных правильных систем точек
7. Вывод пространственных групп гексагональной сингонии на основе тригональных групп

8. Рассмотреть связь гранецентрированной кубической ячейки с гексагональной ячейкой
9. Класный вывод пространственных групп гексагональной сингонии
10. Класный вывод пространственных групп тригональной сингонии
11. Вывод пространственных групп гексагональной сингонии на основе тригональных групп
12. Вывод пространственных групп моноклинной сингонии
13. Вычертить график пространственной группы $P-6c2$ и дать характеристику всех правильных систем точек
14. Вычертить график пространственной группы $P6/mcc$ и дать характеристику всех правильных систем точек
15. Вычертить график пространственной группы $Fm\bar{3}c$ и дать характеристику четырех самых высокосимметричных точек
16. Вывести различные аспекты группы $C2/c$ и обозначить их в новой и минералогической установке
17. Вывести различные аспекты группы $P2_1/m$ и обозначить их в новой и минералогической установках

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (экзамен).

Контроль усвоения пройденного материала осуществляется на нескольких уровнях и выражается в индивидуальной системе оценки знаний учащихся. Текущий контроль осуществляется путем непосредственного контакта преподавателя с каждым студентом во время семинарских и индивидуальных занятий, путем проверки, анализа и обсуждения домашних работ. Предусмотрены письменные тестирования (контрольные работы) в аудитории в процессе обучения. Прием с проверкой всех моделей; пространственные группы, их чертежи, позиции атомов на проекциях, описание структур (18 ромбических, 21 тетрагональная, 18 кубических, 30 гексагональных и 4 моноклинные) и выставление зачетов по сданным моделям структур. Это является условием допуска к зачету или экзамену в устной форме. Итоговая оценка студента оценивается по традиционной шкале.

Результаты обучения	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Знания: основные положения теории групп, определение понятий симметрии, операций и элементов симметрии конечных и бесконечных построек, их обозначения и взаимодействия; конечные группы (32), одномерно-бесконечные	Знания отсутствуют или весьма фрагментарны	Знания есть, но отсутствует их систематичность	Знания систематические, но имеются пробелы	Систематические знания в достаточном объеме

(бордюры, 7), двумерно- беско-нечные (обои, 17) группы, их вывод и графическое пред-ставление; трехмерно- бесконечные (прост- ранственные, 230) группы симметрии для всех сингоний.				
Умения: выводить из литературных данных или моделей, а также графически предста-влять группы симмет- рии; определять прав-ильные системы точек и их характеристики ; знать стандартные и нестандартные уста-новки и взаимосвязь симметрии и простра- нственных групп раз-ных сингоний; давать описание кристалли- ческих структур в терминах простран- ственных групп;	Умения отсутствуют	Имеются труд- ности принципи- ального характера при работе с группами	В целом успеш- ное умение опии-сать кристаллы, имеются затруд- нения	Успешное испо- льзование полу- ченных знаний для описания кристаллов и их структур

Владения: симметрией-ным аппаратом для решения задач структурной кристаллографии в минералогии, петрологии и материаловедении; профессиональным анализом литературы по специальности в отношении симметрии.	Навыки владения отсутствуют	Наличие отдельных навыков, фрагментарное владение	В целом успешное владение материалом, но имеются затруднения в описании симметрии	Успешное использование полученных знаний для описания кристаллов и их структур
---	-----------------------------	---	---	--

Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине (зачет).

Оценка результатов обучения, соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
Знания (устный опрос, реферат)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания
Умения (устный опрос, реферат)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)
Навыки (владения, опыт деятельности) (устный опрос, реферат)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

Автор (авторы) программы профессор Е.Л. Белоконева